

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 09 560.8

**Anmeldetag:** 04. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Heraeus Noblelight GmbH, Hanau/DE

**Bezeichnung:** Infrarotstrahlelement und dessen Verwendung

**IPC:** H 01 K, G 21 K

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Faust".

Faust

**Patentanmeldung**

**Heraeus Noblelight GmbH**

**Infrarotstrahlerelement und dessen Verwendung**

**Patentansprüche**

**1. Infrarotstrahlerelement mit**

- mindestens einem Strahlerrohr aus Kieselglas, das zwei Enden aufweist,
- mindestens einem im Strahlerrohr als Strahlungsquelle angeordneten elektrischen Leiter,
- einem Kühlrohr aus Kieselglas, welches das mindestens eine Strahlerrohr derart beab-  
standet umgibt und an seinen Enden direkt mit diesem verbunden ist, dass im Bereich des  
elektrischen Leiters zwischen dem mindestens einen Strahlerrohr und dem Kühlrohr  
mindestens ein durchströmbarer Kanal ausgebildet ist, und
- mit einem metallischen Reflektor,

dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlrohr (3) an seiner dem Strahlerrohr (2a, 2b) abge-  
wandten Seite vollständig mit dem Reflektor (8) bedeckt ist.

**2. Infrarotstrahlerelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlerrohr  
(2a, 2b) an seinen beiden Enden gasdicht verschlossen ist, wobei an mindestens einem der  
beiden Enden eine gasdichte Stromdurchführung (5a, 5b) angeordnet ist.**

**3. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
das Kühlrohr (3) koaxial zu dem mindestens einen Strahlerrohr (2a, 2b) angeordnet ist.**

**4. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass  
das Kühlrohr (3) an seinem einen Ende einen Zuflussstutzen (9a) und an seinem anderen  
Ende einen Abflussstutzen (9b) aufweist.**

5. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor (8) aus einer Goldschicht gebildet ist.
6. Infrarotstrahlerelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Goldschicht auf dem Kühlrohr (3) eingebrannt ist.
7. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 5 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor (8) auf seiner dem Kühlrohr (3) abgewandten Seite mit einer Schutzschicht bedeckt ist.
8. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in dem mindestens einen Kanal (3a) Elemente zur Beeinflussung der Strömung aus Kieselglas angeordnet sind.
9. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Kanal (3a) einen kreisringförmigen oder annähernd kreisringförmigen Querschnitt aufweist.
10. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Kanal (3a) spiralförmig entlang des mindestens einen Strahlerrohres (2a, 2b) verläuft.
11. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Leiter (4a, 4b) aus Wolfram gebildet ist.
12. Infrarotstrahlerelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Leiter (4a, 4b) aus einem Carbon-Material gebildet ist.
13. Verwendung eines Infrarotstrahlerlements nach einem der Ansprüche 1 bis 12 als Wärmetauscher für eine Flüssigkeit, wobei die Flüssigkeit den mindestens einen Kanal (3a) zwischen Kühlrohr (3) und Strahlerrohr (2a, 2b) durchströmt und mittels der mindestens einen Strahlungsquelle erwärmt wird.
14. Verwendung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit hochreines Wasser ist.

**Patentanmeldung**

**Heraeus Noblelight GmbH**

**Infrarotstrahlerelement und dessen Verwendung**

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Infrarotstrahlerelement mit

- mindestens einem Strahlerrohr aus Kieselglas, das zwei Enden aufweist,
- mindestens einem im Strahlerrohr als Strahlungsquelle angeordneten elektrischen Leiter,
- einem Kühlrohr aus Kieselglas, welches das mindestens eine Strahlerrohr derart beabstandet umgibt und an seinen Enden direkt mit diesem verbunden ist, dass im Bereich des elektrischen Leiters mindestens ein durchströmbarer Kanal zwischen dem mindestens einen Strahlerrohr und dem Kühlrohr ausgebildet ist, und
- mit einem metallischen Reflektor.

Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung eines solchen Infrarotstrahlerelements als Wärmetauscher.

Eingangs genannte Infrarotstrahlerelemente sind aus der DE 10041564A1 bekannt. Hier ist ein kühlables Infrarotstrahlerelement offenbart, wobei in Figuren 5a bis 6c von einem Kieselglas-Kühlrohr ummantelte, zweiseitig kontaktierte IR-Strahler gezeigt sind. Ein Kühlmittel zur Kühlung der IR-Strahler ist zur Durchströmung des Raums zwischen Kühlrohr und IR-Strahlern vorgesehen. Im Kühlrohr befindet sich neben den Strahlung abgebenden Bereichen der IR-Strahler auch ein Reflektor, der von einem Teil des Kühlmittels durchströmt werden kann, ohne dass IR-Strahlung auf diesen Teil des Kühlmittels einwirkt. Die IR-Strahlung, die von den IR-Strahlern abgegeben wird, gelangt entweder direkt durch das strahlungsdurchlässige Kühlmittel und das Kieselglas-Kühlrohr hindurch oder wird zuerst von dem Reflektor reflektiert und tritt dann den Weg durch das Kühlrohr hindurch an, bevor sie auf den zu behandelnden Körper trifft.

WO 98/31045 offenbart einen Erhitzer für hochreines, deionisiertes Wasser mit einem zylindrischen Heizelement, das zwischen zwei Rohren aus Quarzglas angeordnet ist. Innerhalb und

außerhalb dieser Heizanordnung befindet sich jeweils ein weiteres Rohr aus Quarzglas, wobei ein erster und ein zweiter ringförmiger Strömungskanal für das zu erwärmende Wasser gebildet wird. An den Stirnseiten der Rohre sind diese durch Endkappen aus Kunststoff verbunden. Das Wasser strömt vom ersten in den zweiten Strömungskanal, so dass es einmal innerhalb und einmal außerhalb des zylinderförmigen Heizelements entlang strömt. Die Erwärmung des Wassers erfolgt dabei durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung. Es herrscht eine laminare Strömung in den Strömungskanälen, um die Erosion der Rohre durch das Wasser gering zu halten. Das führt allerdings auch dazu, dass der Wärmeaustausch wenig effektiv ist. Die Anordnung ist aufgrund der Vielzahl der benötigten Bauteile kompliziert, teuer und schwierig abzudichten. Die Endkappen, mit welchen die vier Rohre aus Quarzglas mit unterschiedlichen Durchmessern abgedichtet werden sollen, werden aus Kunststoff gebildet und kommen in direkten Kontakt zu dem zu erwärmenden Wasser. Nachteilig ist das insbesondere, da Kunststoffe zu einer Kontamination des Wassers mit Bakterien führen können.

Die US 5,054,107 beschreibt eine Vorrichtung zur Erwärmung von Flüssigkeiten mittels Infrarotstrahlung. Dabei sind gasumspülte Infrarotstrahler, bestehend aus einem Heizleiter in einem Hüllrohr, zur Beheizung von hochreinem Wasser vorgesehen, das in einem Gefäß aus Quarzglas oder PTFE strömt. Das Gefäß kann dabei einen Reflektor aufweisen, der die von den Infrarotstrahlern abgegebene und nicht direkt vom Wasser absorbierte Strahlung in das Wasser zurückwirft. Ein direkter Kontakt zwischen der zu erwärmenden Flüssigkeit und dem Hüllrohr der Infrarotstrahler ist nicht vorgesehen, so dass die Erwärmung der Flüssigkeit allein durch Strahlung erfolgen muss und zudem eine Kühlung der Infrarotstrahler, des Gehäuses und des Reflektors erforderlich ist. Die zusätzliche Kühlung dieser Bauteile führt zu einem Wärmeverlust und kann eine Quelle für Kontamination der hochreinen Flüssigkeit darstellen. Da die Kühlleffizienz bei der Kühlung der Infrarotstrahler schlecht ist, ist die Leistung dieses Wärmetauschers begrenzt. Als bevorzugte Wellenlänge, die die Infrarotstrahler abgeben sollen, ist die der maximalen Absorption von Wasser bei  $3\mu\text{m}$  offenbart. Infrarotstrahlung dieser Wellenlänge kann jedoch nicht weit in das Wasser eindringen und führt zu einer ungleichmäßigen Erwärmung.

Es stellt sich damit die Aufgabe, ein Infrarotstrahlelement bereitzustellen, das bei einfacherer Bauweise zu einer effizienteren Erwärmung hochreiner Flüssigkeiten geeignet ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das Kühlrohr an seiner dem Strahlerrohr abgewandten Seite vollständig mit dem Reflektor bedeckt ist. Eine derartige Anordnung des Reflektors verhindert einen Austritt von Strahlung durch das Kühlrohr. Vielmehr wird beim Durchleiten einer

Flüssigkeit durch das Kühlrohr eine Mehrfachreflektion der nicht von der Flüssigkeit absorbierten IR-Strahlung am Reflektor erreicht, was zu einer schnellen Aufheizung der Flüssigkeit mit hohem Wirkungsgrad führt. Gleichzeitig wird das Strahlerrohr durch den direkten Kontakt mit der Flüssigkeit intensiv gekühlt und vor Überhitzung geschützt. Die Flüssigkeit wird demnach nicht nur mittels Wärmestrahlung, sondern auch durch Wärmeleitung und Konvektion effektiv erwärmt.

Es hat sich bewährt, wenn das Strahlerrohr an seinen beiden Enden gasdicht verschlossen ist, wobei an mindestens einem der beiden Enden eine gasdichte Stromdurchführung zum Anschluss des elektrischen Leiters angeordnet ist. Eine solche Ausführungsform ist insbesondere für kurzwellige Strahlungsquellen beziehungsweise Strahlungsquellen aus Carbon-Material geeignet. Wird eine mittelwellige Strahlungsquelle verwendet, so kann das Strahlerrohr an seinen beiden Enden auch offen sein.

Um hohe Leistungen zu realisieren hat es sich bewährt, zwei elektrische Leiter in zwei benachbarten Strahlerrohren – einem sogenannten Zwillingsrohr - im Kühlrohr einzusetzen.

Besonders hat es sich dabei bewährt, wenn das Kühlrohr koaxial zu dem mindestens einen Strahlerrohr angeordnet ist. Eine solche Anordnung gewährleistet eine allseitig gleichmäßige Kühlung der Strahlerrohre beziehungsweise ein gleichmäßiges Erwärmen einer durch das Kühlrohr geführten Flüssigkeit.

Zur sauberen Zu- und Abführung einer durch das Kühlrohr zu führenden Flüssigkeit ist es von Vorteil, wenn das Kühlrohr an seinem einen Ende einen Zuflusstutzen und an seinem anderen Ende einen Abflusstutzen aufweist.

Im Hinblick auf das Gewicht und die Abmaße des Infrarotstrahlerelements ist es bevorzugt, den Reflektor aus einer Goldschicht zu bilden. Gold weist zudem eine hohe Reflektivität für Infrarotstrahlung auf, so dass es auch aus diesem Grund bevorzugt eingesetzt wird. Der Auftrag der Goldschicht auf dem Kühlrohr kann beispielsweise durch eine Spritzlackierung oder ein Abziehbild erfolgen. Es hat sich im Hinblick auf die Haftung der Goldschicht am Kühlrohr und deren Beständigkeit bewährt, wenn die Goldschicht auf dem Kühlrohr eingebrannt ist. Allerdings ist es auch möglich, den Reflektor in anderer Art und Weise auszubilden, wie zum Beispiel in Form einer Blechummantelung des Kühlrohrs.

Der Reflektor kann weiterhin auf seiner dem Kühlrohr abgewandten Seite mit einer Schutzschicht bedeckt sein. So ist es insbesondere beim Einsatz einer Goldschicht als Reflektor sinnvoll, diese vor mechanischer Beschädigung zu schützen. Dazu eignen sich beispielsweise kratzfeste Schutzschichten aus Glas, Aluminiumoxid oder Zirkonoxid. Wird das Kühlrohr mit hohem Druck beaufschlagt, so kann es vorteilhaft sein, das Rohr in einen hochreißfesten Kunststoffschlauch als Schutzschicht einzubetten. Ein solcher verhindert eine Verletzungsgefahr, falls es zum Bruch des Kühlrohres kommt.

Um im Kühlrohr eine optimale Strömungsverteilung einzustellen kann es vorteilhaft sein, in dem mindestens einen Kanal Elemente zur Beeinflussung der Strömung aus Kieselglas anzuordnen.

Es hat sich bewährt, wenn der mindestens eine Kanal einen kreisringförmigen oder annähernd kreisringförmigen Querschnitt aufweist. Ein solcher Kanal gewährleistet eine weitgehend symmetrische Wärmeverteilung vom Strahlerrohr auf eine das Kühlrohr durchströmende Flüssigkeit.

Es ist aber auch von Vorteil, dass der mindestens eine Kanal spiralförmig entlang des mindestens einen Strahlerrohres verläuft. Dadurch kann die Verweilzeit einer das Kühlrohr durchströmenden Flüssigkeit im Bereich des mindestens einen IR-Strahlers verlängert und die erreichbare Temperatur der Flüssigkeit noch erhöht werden.

Als Material für den elektrischen Leiter hat sich Wolfram oder ein Carbon-Material bewährt. Sollen hohe Leistungen eingekoppelt werden, so hat es sich bewährt, den elektrischen Leiter aus Wolfram oder einem Carbon-Material in einem beidseitig verschlossenen und mit inertem Füllgas gefüllten oder evakuierten Strahlerrohr einzusetzen. Prinzipiell ist aber jeder Infrarot-Strahler verwendbar. So können beispielsweise elektrische Leiter eingesetzt werden, die aus einer Legierung aus Eisen, Aluminium und Chrom oder aus einer Nickel – Chrom – Legierung gebildet sind. Derartige elektrische Leiter können ohne weiteres in einem beidseitig offenen Strahlerrohr und somit an Luft eingesetzt werden.

Falls Wasser als Flüssigkeit im Kühlrohr erwärmt werden soll, ist es im Hinblick auf das Infrarot-Absorptionsverhalten von Wasser bevorzugt, kurzwellige Strahler mit einem Hauptanteil der Strahlung bei Wellenlängen im Bereich von 1,3 bis 2,7  $\mu\text{m}$  einzusetzen. Strahlung im extrem kurzweligen Bereich zwischen 0,7  $\mu\text{m}$  und 1,5  $\mu\text{m}$  wird dann bevorzugt eingesetzt, wenn das aufzuheizende Flüssigkeitsvolumen groß und die geforderte Eindringtiefe in die Flüssigkeit hoch ist. Wird im Kühlrohr für eine ausreichend turbulente Strömung gesorgt, so kann für die Erwä-

mung von Wasser aber auch längerwellige Strahlung problemlos eingesetzt werden.

Eine Verwendung des erfindungsgemäßen Infrarotstrahlerlements als Wärmetauscher für eine insbesondere hochreine Flüssigkeit, insbesondere für hoch- oder höchstreiches Wasser, ist ideal. Dabei durchströmt die Flüssigkeit den mindestens einen Kanal zwischen Kühlrohr und Strahlerrohr und wird mittels der mindestens einen Strahlungsquelle erwärmt. Dabei sollte die Strömung im Kühlrohr bei hohen Leistungen der eingesetzten IR-Strahler vorzugsweise turbulent sein, um einen ausreichenden Wärmeabtransport vom Strahlerrohr über Konvektion zu gewährleisten und ein Sieden der Flüssigkeit zu verhindern. Das Infrarotstrahlerlement benötigt neben der zu erwärmenden Flüssigkeit keine zusätzlich Kühlung. Dadurch ist die Bauweise des Wärmetauschers kompakt, er ist mit geringem Fertigungsaufwand herstellbar und weist eine äußerst geringe Störanfälligkeit auf. Gleichzeitig weist ein derartiger Wärmetauscher aber einen hohen Wirkungsgrad und eine hohe Leistung auf und ist durch seine simple Bauweise einfach zu warten oder auszutauschen.

Die zu erwärmende hochreine Flüssigkeit gelangt im Wärmetauscher ausschließlich in Kontakt zu dem Kühlrohr aus Kieselglas und dem Strahlerrohr aus Kieselglas. Es ist bekannt, dass es bei einem Kontakt von Kieselglas und Flüssigkeiten nur zu einer äußerst geringen Kontamination der Flüssigkeit kommt. Ein Kontakt zu Kunststoffen oder gar Metallen, die die Flüssigkeit deutlich stärker kontaminieren, wird vermieden.

Die Figuren 1 bis 3 sollen das erfindungsgemäße Infrarotstrahlerlement beispielhaft erläutern. So zeigt:

- Figur 1 einen Längsschnitt durch ein Infrarotstrahlerlement mit zwei Strahlerohren (Zwillingsrohr) im Kühlrohr
- Figur 1a den Querschnitt A-A' des Infrarotstrahlerlements aus Figur 1
- Figur 2 den Querschnitt B-B' eines Infrarotstrahlerlements mit zwei Strahlerohren (Zwillingsrohr) im Kühlrohr
- Figur 2a einen Längsschnitt durch das Infrarotstrahlerlement aus Figur 2
- Figur 3 einen Längsschnitt durch ein Infrarotstrahlerlement mit einem Strahlerrohr im Kühlrohr

Figur 1 zeigt den Längsschnitt eines Infrarotstrahlerlements 1 mit zwei Strahlerohren 2a, 2b beziehungsweise einem Zwillingsrohr im Kühlrohr 3. Sowohl die Strahlerohre 2a, 2b als auch das Kühlrohr 3 sind aus Kieselglas gebildet. In den Strahlerohren 2a, 2b sind elektrische Leiter

4a, 4b in Form von Wolframwendeln angeordnet. Die elektrischen Leiter 4a, 4b sind elektrisch mittels Anschlussdrähten 6a, 6b, 6c, 6d kontaktiert, wobei die Anschlussdrähte 6a, 6b, 6c, 6d über die Stromdurchführungen 5a, 5b gasdicht durch die Strahlerohre 2a, 2b geführt sind. Das Kühlrohr weist einen Kühlkanal 3a ( siehe Fig. 1a ) auf, der die Strahlerohre 2a, 2b umgibt. Weiterhin sind am Kühlrohr 3 Anschlussstutzen 9a, 9b aus Kieselglas vorhanden, die die Zu- und Abführung einer Flüssigkeit in den und aus dem Kühlkanal 3a ermöglichen. Auf der dem Kühlkanal 3a abgewandten Oberfläche des Kühlrohres 3 ist eine Reflektorschicht 8 aus Gold angeordnet.

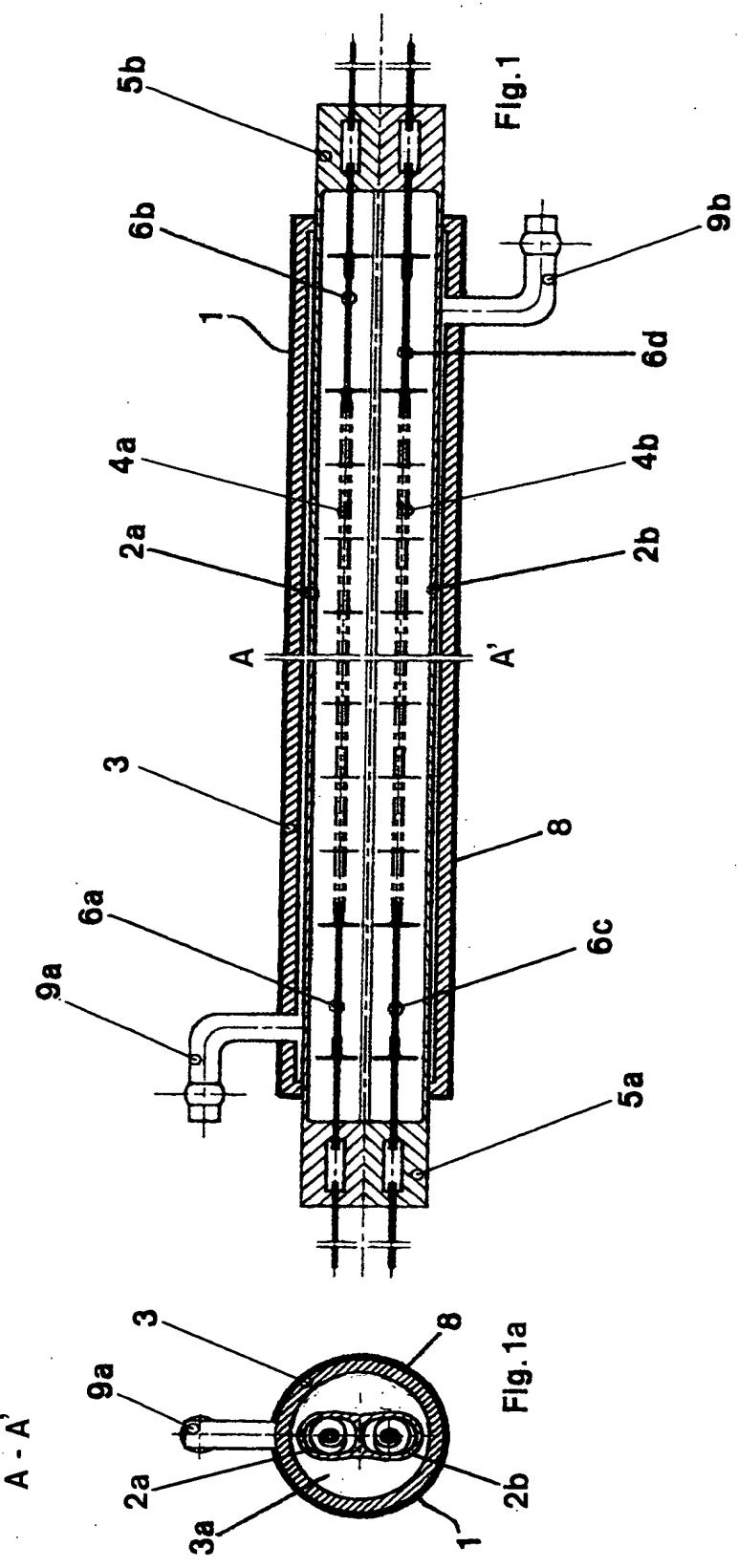
Figur 1a zeigt den Querschnitt A-A' des Infrarotstrahlerlements aus Figur 1, insbesondere die Anordnung des Kühlkanals 3a.

Figur 2 zeigt den Längsschnitt eines Infrarotstrahlerlements 1 mit zwei Strahlerohren 2a, 2b beziehungsweise einem Zwillingsrohr im Kühlrohr 3. Sowohl die Strahlerohre 2a, 2b als auch das Kühlrohr 3 sind aus Kieselglas gebildet. In den Strahlerohren 2a, 2b sind elektrische Leiter 4a, 4b in Form von Carbon-Bändern angeordnet. Die elektrischen Leiter 4a, 4b sind mittels Federn 10a, 10b gespannt und der elektrische Anschluss über die Stromdurchführungen 5a, 5b gasdicht durch die Strahlerohre 2a, 2b nach außen geführt. Das Kühlrohr 3 weist einen Kühlkanal 3a ( siehe Fig. 2a ) auf, der die Strahlerohre 2a, 2b umgibt. Weiterhin sind am Kühlrohr 3 Anschlussstutzen 9a, 9b aus Kieselglas vorhanden, die die Zu- und Abführung einer Flüssigkeit in den und aus dem Kühlkanal 3a ermöglichen. Auf der dem Kühlkanal 3a abgewandten Oberfläche des Kühlrohres 3 ist eine Reflektorschicht 8 aus Gold angeordnet.

Figur 2a zeigt den Querschnitt B-B' des Infrarotstrahlerlements 1 aus Figur 1, insbesondere die Anordnung des Kühlkanals 3a.

Figur 3 zeigt den Längsschnitt eines Infrarotstrahlerlements 1 mit einem Strahlerrohr 2a im Kühlrohr 3. Sowohl das Strahlerrohr 2a als auch das Kühlrohr 3 sind aus Kieselglas gebildet. Im Strahlerrohr 2a ist ein elektrischer Leiter 4a in Form eines Carbon-Bandes angeordnet. Der elektrische Leiter 4a ist mittels Feder 10a gespannt und der elektrische Anschluss über die Stromdurchführungen 5a, 5b gasdicht durch das Strahlerrohr 2a nach außen geführt. Das Kühlrohr 3 weist einen Kühlkanal 3a auf, der das Strahlerrohr 2a umgibt. Weiterhin sind am Kühlrohr 3 Anschlussstutzen 9a, 9b aus Kieselglas vorhanden, die die Zu- und Abführung einer Flüssigkeit in den und aus dem Kühlkanal 3a ermöglichen. Auf der dem Kühlkanal 3a abgewandten Oberfläche des Kühlrohres 3 ist eine Reflektorschicht 8 aus Gold angeordnet.

Weitere mögliche Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Infrarotstrahlerelements sind beispielsweise durch eine getrennte Anordnung mehrerer Strahlerrohre im Kühlkanal oder durch die Anordnung von Elementen zur Beeinflussung der Strömung im Kühlkanal in nicht erfundenscher Weise problemlos auffindbar.



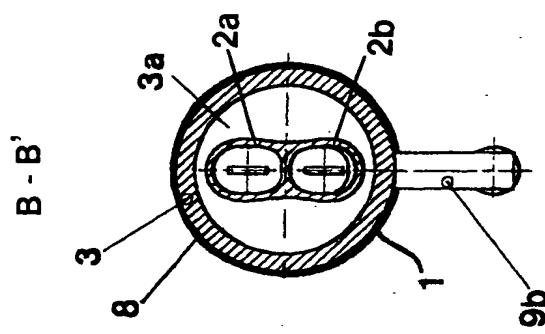


Fig. 2a

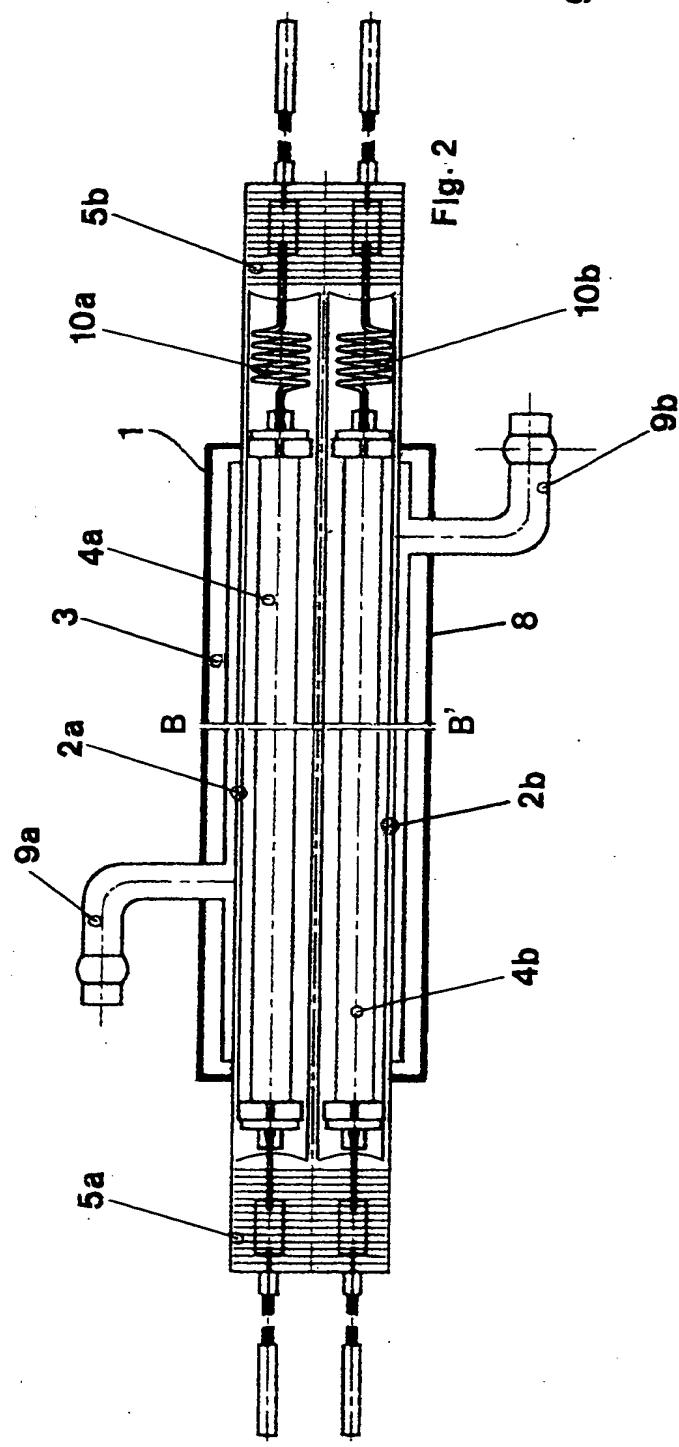


Fig. 2

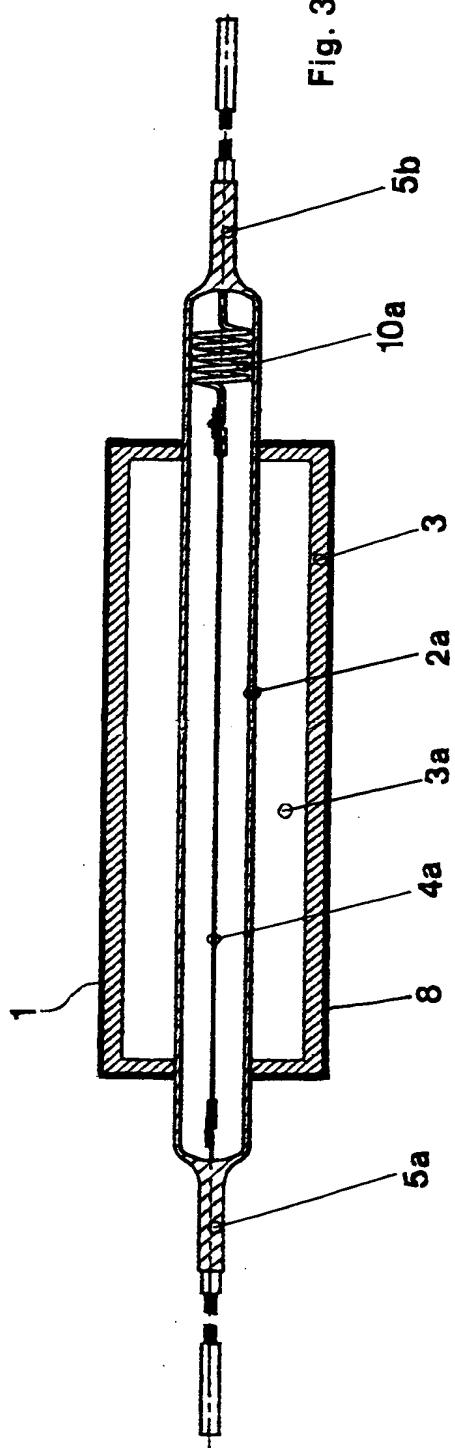


Fig. 3

**Unser Zeichen: P10225**  
04. März 2003

### **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Infrarotstrahlerlement mit mindestens einem Strahlerrohr aus Kieselglas, das zwei Enden aufweist, mindestens einem im Strahlerrohr als Strahlungsquelle angeordneten elektrischen Leiter, einem Kühlrohr aus Kieselglas, welches das mindestens eine Strahlerrohr derart beabstandet umgibt und an seinen Enden direkt mit diesem verbunden ist, dass im Bereich des elektrischen Leiters mindestens ein durchströmbarer Kanal zwischen dem mindestens einen Strahlerrohr und dem Kühlrohr ausgebildet ist, und mit einem metallischen Reflektor, wobei das Kühlrohr an seiner dem Strahlerrohr abgewandten Seite vollständig mit dem Reflektor bedeckt ist. Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung eines solchen Infrarotstrahlerlements als Wärmetauscher für insbesondere hochreine Flüssigkeiten.